

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

spec

(11)Publication number : 10-268152

(43)Date of publication of application : 09.10.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/13  
G02B 6/12

(21)Application number : 09-069926

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 24.03.1997

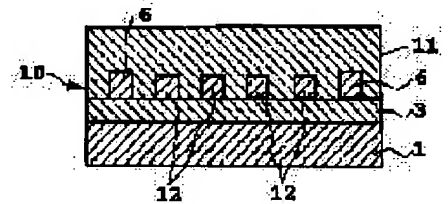
(72)Inventor : ENBUTSU KOUJI  
TOMARU AKIRA  
IMAMURA SABURO  
SUKEGAWA TAKESHI

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE FORMING METHOD USING POLYMER MATERIAL

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To manufacture an optical waveguide allowing the easy formation of a pattern, and excellent in workability and a mass productivity.

**SOLUTION:** In this optical waveguide forming method using a polymer materials, a lower clad layer 3 of the polymer material is formed on a substrate 1 and, then, spacers 6 of closed shape are formed on the outer periphery of a zone forming core parts 12 on the lower clad layer 3. Then, liquid-state photo-setting resin having a refraction factor after photo-setting larger than that of the lower clad layer 3 on the internal surface of the spacers 6. Then, the liquid-state photo-setting resin is masked and irradiated with light or directly irradiated with liquid to form the pattern latent image of the core parts 12. Un-irradiated part is removed with a solvent to form the core parts 12, and an upper clad layer 11 having a refraction factor after photo-setting smaller than that of the core parts 12 is formed thereon.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10268152 A**

(43) Date of publication of application: 09 . 10 . 98

(51) Int. Cl.  
**G02B 6/13**  
**G02B 6/12**

(21) Application number: 09069926

(22) Date of filing: 24 . 03 . 97

(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH CORP**  
**<NTT>**

(72) Inventor:  
**ENBUTSU KOUJI**  
**TOMARU AKIRA**  
**IMAMURA SABURO**  
**SUKEGAWA TAKESHI**

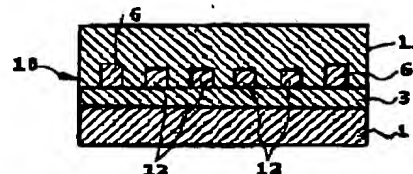
(54) **OPTICAL WAVEGUIDE FORMING METHOD**  
**USING POLYMER MATERIAL**

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To manufacture an optical waveguide allowing the easy formation of a pattern, and excellent in workability and a mass productivity.

**SOLUTION:** In this optical waveguide forming method using a polymer materials, a lower clad layer 3 of the polymer material is formed on a substrate 1 and, then, spacers 6 of closed shape are formed on the outer periphery of a zone forming core parts 12 on the lower clad layer 3. Then, liquid-state photo-setting resin having a refraction factor after photo-setting larger than that of the lower clad layer 3 on the internal surface of the spacers 6. Then, the liquid-state photo-setting resin is masked and irradiated with light or directly irradiated with liquid to form the pattern latent image of the core parts 12. Un-irradiated part is removed with a solvent to form the core parts 12, and an upper clad layer 11 having a refraction factor after photo-setting smaller than that of the core parts 12 is formed thereon.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-268152

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 2 B 6/13  
6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

M  
N

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-69926

(22) 出願日 平成9年(1997)3月24日

(71) 出願人 00004226

日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 圓佛 晃次

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 都丸 暁

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 今村 三郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

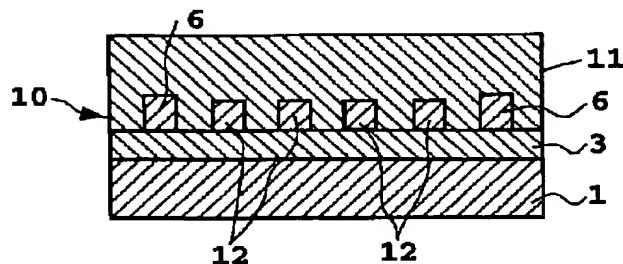
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高分子材料の光導波路形成方法

(57) 【要約】

【課題】 簡易にパターン形成ができ、加工性、量産性に優れた光導波路を作製すること。

【解決手段】 高分子材料の光導波路形成方法は、基板上に高分子材料の下部クラッド層を形成する工程と、下部クラッド層の上にコア部を形成する領域の外周に閉じた形状のスペーサを形成する工程と、スペーサの内周側に、光硬化後の屈折率が下部クラッド層よりも高い、液状の光硬化性樹脂を保持する工程と、液状の光硬化性樹脂に、マスクをかぶせて光を照射するか、あるいは直接光を照射してコア部のパターン潜像を形成する工程と、未照射部を溶媒にて除去することによりコア部を形成する工程と、コア部の上に光硬化後の屈折率がコア部の屈折率よりも低い上部クラッド層を形成する工程と、を含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に高分子材料の下部クラッド層を形成する工程と、

該下部クラッド層の上に、コア部を形成する領域の外周に閉じた形状のスペーサを形成する工程と、

該スペーサの内周側に、光硬化後の屈折率が該下部クラッド層よりも高い、液状の光硬化性樹脂を保持する工程と、

該液状の光硬化性樹脂に、マスクをかぶせて光を照射するか、あるいは直接光を照射してコア部のパターン潜像を形成する工程と、

未照射部を溶媒にて除去することによりコア部を形成する工程と、

該コア部の上に光硬化後の屈折率が該コア部の屈折率よりも低い上部クラッド層を形成する工程と、

を含むことを特徴とする高分子材料の光導波路形成方法。

【請求項2】 請求項1記載のスペーサを形成する工程において、前記下部クラッド層の上にコア部と同一の液状の光硬化性樹脂を塗布してから、スペーサ用マスクを通すか若しくは直接光を照射してスペーサのパターン潜像を光硬化させ、スペーサとすることを特徴とする請求項1記載の高分子材料の光導波路形成方法。

【請求項3】 請求項1記載のスペーサを形成する工程において、紫外線を完全には吸収しない材質からなる金型であって、スペーサのパターン形状の溝部を有する金型の、該溝部に液状の光硬化性樹脂を注入し、前記下部クラッド層を下にして該金型の上に重ね、該金型側から光照射することにより液状の光硬化性樹脂を光硬化させてスペーサのパターン潜像を形成した後、金型を除去してスペーサを形成することを特徴とする請求項1記載の高分子材料の光導波路形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高分子材料を用いた光導波路形成方法に関するものであり、一般光学や微小光学分野で、また、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等に利用できる。

## 【0002】

【従来の技術】高分子材料はスピンコート法やディップ法等による薄膜形成が容易であり、面積の大きい光導波路を作製するのに適している。またこの方法によれば、膜形成に際して高温での熱処理工程を含まないので、石英等の無機ガラス材料と比べて高分子材料は、半導体基板やプラスチック基板等高温での熱処理が困難な基板上にでも光導波路を作製できるという利点がある。さらに、高分子材料の柔軟性や強靱性を活かしたフレキシブルな光導波路の作製も可能である。こうしたことから、光通信の分野で用いられる光集積回路や、光情報処理の

分野で用いられる光配線板等の光導波路部品を、光学用高分子材料を用いて大量・安価に製造することが期待されている。

【0003】光学用高分子材料は、耐熱性や耐湿性等の耐環境性の点で問題があるとされてきたが、近年、ベンゼン環などの芳香族基を含まない材料あるいは無機高分子材料等の耐熱性を向上した材料が、例えば、特開平3-43423号に報告されている。高分子材料には上述のような利点があり、耐熱性や耐湿性等の問題点も改善されつつある。高分子材料を用いた光導波路の作製方法としては、高分子の中にモノマーを含ませて部分的に光照射し、モノマーと反応させることにより未照射部分との屈折率差を作るフォトロックアップあるいは選択光重合法（黒川ら、「アプライドオブティックス」17巻646ページ、1978年）、リソグラフィやエッチングなどを半導体加工に用いる方法（今村ら、「エレクトロニクスレータ」27巻1342ページ、1991年）、感光性高分子あるいはレジストを用いた方法（トレウエラら、「SPIE」1177巻379ページ、1989年）等が挙げられる。感光性高分子あるいはレジストを用いた方法は、非常に簡易性が高く、量産性にも優れている。

【0004】ところが、従来は感光性材料として室温で固体の高分子材料を用いていたので、厚膜にすると、紫外や可視領域における散乱が多くなり、光透過特性が劣化し、特に厚膜におけるパターンの信頼性が低く、硬化した際の解像度が悪くなるため作製された光導波路の損失にも悪影響を与えていた。また透明性に関して材料の吸収損失等の低減に配慮されていないため導波路損失も高いという欠点を有していた。このためこのような感光性材料を用いて作製された光部品等は実用性の面から不十分なものであった。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】これを解決する手段として、室温で固体の高分子材料ではなく液状の光硬化性樹脂を用いてパターン化する方法が考えられた。しかし、かかる材料は流動性があるため、樹脂を塗布した後に塗布膜厚が変化したりして、光導波路を再現性よく、かつ制御性よく作製することができなかった。

【0006】本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡易にパターン形成ができ、加工性にも優れた、液状の光硬化性樹脂を用いる光導波路を作製することにより、簡易で量産性に優れた高分子材料の光導波路形成方法を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1の発明は、基板上に高分子材料の下部クラッド層を形成する工程と、下部クラッド層の上に、コア部を形成する領域の外周に閉じた形状のスペーサを形成する工程と、スペーサの内周側に、光硬化後の屈折率が下部クラッド層より

も高い、液状の光硬化性樹脂を保持する工程と、液状の光硬化性樹脂に、マスクをかぶせて光を照射するか、あるいは直接光を照射してコア部のパターン潜像を形成する工程と、未照射部を溶媒にて除去することによりコア部を形成する工程と、コア部の上に光硬化後の屈折率がコア部の屈折率よりも低い上部クラッド層を形成する工程と、を含むことを特徴とする。

【0008】ここで、スペーサを形成する工程は、下部クラッド層の上にコア部と同一の液状の光硬化性樹脂を塗布してから、スペーサ用マスクを通すか若しくは直接光を照射してスペーサのパターン潜像を光硬化させ、スペーサとしてもよい。

【0009】また、スペーサを形成する工程は、紫外線を完全には吸収しない材質からなる金型であって、スペーサのパターン形状の溝部を有する金型の、溝部に液状の光硬化性樹脂を注入し、下部クラッド層を下にして金型の上に重ね、金型側から光照射することにより液状の光硬化性樹脂を光硬化させてスペーサのパターン潜像を形成した後、金型を除去してスペーサを形成してもよい。

【0010】すなわち、本発明によれば、液状の光硬化性樹脂を再現性・制御性良くパターン化するのに必要なスペーサを、精度よく容易に作製することができるため、導波路リッジパターンを精度よく形成することが可能になった。また従来の室温で固体の高分子材料を用いた場合には、リッジパターン形成において、厚膜形成・導波路加工が非常に困難であったが、容易に厚膜での導波路加工が可能となった。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の内容を詳細に説明する。

【0012】本発明に従って光導波路を作製する工程は、以下のものである。まず高分子材料からなるクラッド材料を基板上に塗布して、下部クラッド層を形成する。次にそのクラッド層上に、任意の高さあるいは任意の形状を有するスペーサを形成する。その後、所定のマスクを通してスペーサ中に存在する光硬化後の屈折率がクラッド層の屈折率よりも高くなるような液状の光重合開始剤が配合された光硬化性樹脂等に光を照射してパターン化された潜像を形成した後、未照射部を溶媒にて除

構造式(1)



【0018】次に、図1に示すように、シリコン基板1上にクラッド層用材料をスピコートにより塗布してから、全面に紫外線(UV光)2を照射して膜厚20μmのクラッド層3を形成した。屈折率は波長0.85μmで1.52であった。図2に示すように、準備した材料(A)をクラッド層上に塗布した層4を形成し、マスク5と材料(A)を塗布した層4との間隔を1mm程度あ

去すると硬化したパターン部分がクラッド上に残される。このパターン部分は光が通るコア部分になる。最後に、このコア部分に高分子材料からなるクラッド層を被せ高分子材料の光導波路を作製する。なお、光硬化性樹脂に光を照射する場合、マスクを通さないで直接光を照射してもよい。本発明に用いられる液状の光硬化性樹脂としては、エポキシ系オリゴマー、シリコン系オリゴマー、アクリル系オリゴマー材料等が挙げられる。感光剤としては、ジフェニルトリケトンベンゾイン、ベンゾインメチルエーテル、ベンゾフェノン、アセトフェノン、ジアセチル等のカルボニル化合物や過酸化ベンゾイルなどの過酸化化合物、アゾビスイソブチロニトリルなどのアゾ化合物、アジドピレンなどのアジド化合物、4,4'-ジアジドベンザルアセトン、2,6-ジ(4'-アジドベンザル)シクロヘキサノン、2,6-ジ(4'-アジドベンザル)-4-メチルシクロヘキサノンなどのビスアジド化合物、ジアゾ化合物、さらにはスルフォニウム塩、オスミニウム塩が代表的なものとして挙げられる。

【0013】本発明においては、クラッド層用のクラッド材料、スペーサ用の材料およびコア用の材料として、上記液状の光硬化性樹脂からなる材料を用いることが好ましい。

#### 【0014】

【実施例】本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものでない。

#### 【0015】実施例1

図1～図8に、本発明の一態様を表す光導波路の形成工程を示す。

【0016】以下に示した構造式(1)を主成分とする液状の光硬化性エポキシ樹脂であって、光重合開始剤を2重量%含み、光硬化後の屈折率が、波長0.85μmで1.54となるように調製した材料(A)と、光硬化後の屈折率が、波長0.85μmで1.52となるように調製したクラッド層用材料とを準備した。なお、材料(A)およびクラッド層用材料には、適宜必要に応じて、他の添加剤等が加えられていてもよい。

#### 【0017】

#### 【化1】

け、マスク5を通して光照射した。ここで用いたマスクのパターンを図3に示した。この操作により、図4に示すようにスペーサ6が基板の外周上に形成された。この際、形成されたスペーサ6の高さは40μmとほぼ均一であり、またスペーサ6内部には未照射の光硬化性樹脂部が残され、その厚さはスペーサの高さに依存して38μmであり、基板全面にわたり一様であった。

【0019】その後、図5に示すような導波路パターンのマスク7を通して紫外線(UV光)8を未照射の光硬化性樹脂部4に照射した後、ジグライム溶液で現像した(図6)。但し、このときの照射量は $2000\text{ mJ/cm}^2$ であった。マスク7のパターンに従い、光照射した部分のみ液状の光硬化性樹脂が硬化し、図7に示すような形状のリッジパターン9が形成された。硬化後の屈折率は波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1.54であった。

【0020】図8に示すように、このリッジパターン9に、クラッド層用材料を塗布して硬化させ、上部クラッド層を形成し、マルチモードチャンネル導波路10を作製した。この操作により屈折率1.52の下部クラッド層3と上部クラッド層11、リッジパターン形状に形成された屈折率1.54のコア部12を有するマルチモードチャンネル導波路10が(深さ $38\text{ }\mu\text{m}$ 、幅 $40\text{ }\mu\text{m}$ )作製された。

【0021】得られたマルチモードチャンネル導波路を、ダイシングソーによって5cmの長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1dB以下、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ で1.5dB以下、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ で3.0dB以下の挿入損失であった。また、挿入損失の偏光依存性は、波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ でも0.1dB以下であった。さらに、このマルチモードチャンネル導波路の損失は、 $75^\circ\text{C}/90\%\text{RH}$ の条件下においても1ヶ月以上変動しなかった。

#### 【0022】実施例2

上記に示した構造式(1)を主成分とする液状の光硬化性エポキシ樹脂であって、光重合開始剤を2重量%含み、光硬化後の屈折率が、波長 $1.30\text{ }\mu\text{m}$ で1.504となるように調製した材料(B)と、光硬化後の屈折率が、波長 $1.30\text{ }\mu\text{m}$ で1.50となるように調製したクラッド層用材料とを準備した。なお、材料(B)およびクラッド層用材料には、適宜必要に応じて、他の添加剤等が加えられていてもよい。

【0023】次に、実施例1と同様にして、シリコン基板上に、クラッド層用材料を塗布して、厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ の下部クラッド層を形成した。下部クラッド層の上に、材料(B)を用いて、実施例1と同様の方法によりスペーサを基板上の外周部に形成した。スペーサの内周部には未照射の材料(B)が残され、その高さはスペーサの高さに依存して $8\text{ }\mu\text{m}$ であり、基板全面にわたって一様であった。実施例1と同様にして、導波路パターンのマスクを通して紫外線(UV光)を照射し、ジグライム溶液で現像して $8\text{ }\mu\text{m}$ 幅のリッジパターンを形成した後、下部クラッド層を形成するのに用いた光硬化性エポキシ樹脂を用いてこのリッジパターンをオーバーコートし、マルチモードチャンネル導波路を作製した。これにより、波長 $1.30\text{ }\mu\text{m}$ での屈折率が1.50のクラッドと屈折率が1.504のコアからなるマルチモードチャンネル導波路を作製することができた。

【0024】この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、実施例1と同様にして挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1dB以下、波長 $1.30\text{ }\mu\text{m}$ で3dB以下の挿入損失であり、波長 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ 以上の波長域ではこのマルチモードチャンネル導波路がシングルモード動作を示すことがわかった。

#### 【0025】実施例3

図9～図17に、本発明の第2の態様を表す光導波路の形成工程を示す。

10 【0026】上記に示した構造式(1)を主成分とする液状の光硬化性エポキシ樹脂であって、光重合開始剤を2重量%含み、光硬化後の屈折率が、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1.52となるように調製した材料(C)と、光硬化後の屈折率が、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1.54となるように調製した材料(D)とを準備した。なお、材料(C)および材料(D)には、適宜必要に応じて、他の添加剤等が加えられていてもよい。

20 【0027】次に、図9に示すように、シリコン基板14上に上記材料(C)をスピンコートにより塗布してから全面に紫外線(UV光)15を照射して、膜厚 $20\text{ }\mu\text{m}$ のクラッド層16を形成した。屈折率は波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1.52であった。図10に示すような形状の亚克力樹脂製の金型17(溝幅 $200\text{ }\mu\text{m}$ 、高さ $40\text{ }\mu\text{m}$ )の溝18に、上記材料(C)を注入し、シリコン基板14をクラッド層を下側にして、金型の上に重ねた(図11)。次に図12に示すように、紫外線(UV光)19を照射して液状の材料(C)が注入された部分13を光硬化させてスペーサ20を形成した。図13に示すように、シリコン基板14を下側に、スペーサ20を上側にして、スペーサに囲まれた部分に材料(D)を注入した。図14に示すパターンのマスク22を、図15に示すようにスペーサ20の上に重ねて、マスク越しに紫外線(UV光)23を照射した後、ジグライム溶液で現像した(図16)。但し、このときの照射量は $2000\text{ mJ/cm}^2$ であった。マスク22のパターンに従い、光照射した部分のみ液状の光硬化性樹脂が硬化し、図16に示すような形状のリッジパターン24が形成された。硬化後の屈折率は波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1.54であった。図17に示すように、このリッジパターン24に、材料(C)を塗布して硬化させ、上部クラッド層26を形成し、マルチモードチャンネル導波路25を作製した(図17)。この操作により、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ での屈折率が1.52のクラッド層16、26、屈折率が1.54のコア部27を有するマルチモードチャンネル導波路(深さ $40\text{ }\mu\text{m}$ 、幅 $40\text{ }\mu\text{m}$ )が作製された。

40 【0028】得られたマルチモードチャンネル導波路を、ダイシングソーによって5cmの長さに切り出し挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\text{ }\mu\text{m}$ で1dB以下、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ で1.5dB以下、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ で3.0dB以下の挿入損失であった。また、挿入損失の偏光

依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも $0.1\text{dB}$ 以下であった。さらに、マルチモードチャンネル導波路の損失は、 $75^\circ\text{C}/90\%\text{RH}$ の条件下においても1ヶ月以上変動しなかった。

#### 【0029】実施例4

上記に示した構造式(1)を主成分とする液状の光硬化性エポキシ樹脂であって、光重合開始剤を2重量%含み、光硬化後の屈折率が、波長 $1.30\mu\text{m}$ で $1.50$ となるように調製した材料(E)と、光硬化後の屈折率が、波長 $1.30\mu\text{m}$ で $1.504$ となるように調製した材料(F)とを準備した。なお、材料(E)および材料(F)には、適宜必要に応じて、他の添加剤等が加えられていてもよい。

【0030】実施例3と同様にしてマルチモードチャンネル導波路(屈折率 $1.50$ のクラッド、屈折率 $1.504$ のコア)を作製した。

【0031】但し、下部クラッド層および上部クラッド層に用いられた材料は、光硬化時に波長 $1.3\mu\text{m}$ で屈折率 $1.50$ となるように調整された材料(E)を、また形成されたスペーサの高さは $10\mu\text{m}$ であり、スペーサの形成に用いられたスペーサ用材料としては材料

(E)を用い、スペーサの中に注入された液状の光硬化性エポキシ樹脂は、光硬化後の屈折率が $1.504$ の材料(F)を用いた。実施例3と同様にして、導波路パターンを有するマスク越しにUV光を照射し、また、ジグライム溶液現像後得られたリッジパターンの幅は、 $8\mu\text{m}$ であった。コア部の硬化後の屈折率は波長 $1.30\mu\text{m}$ で $1.504$ であった。

【0032】実施例3と同様にして、得られたマルチモードチャンネル導波路をダイシングソーによって $5\text{cm}$ の長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1\text{dB}$ 以下、波長 $1.30\mu\text{m}$ で $3\text{dB}$ 以下の挿入損失であり、波長 $1.2\mu\text{m}$ 以上の波長域ではこの導波路がシングルモード動作を示すことがわかった。

【0033】なお、液状エポキシオリゴマーの代わりに、液状シリコンエポキシオリゴマー、液状シリコンオリゴマー、液状シリコンビニルエーテルオリゴマーを用いても上述の実施例1~4と同様に高分子導波路を作製することができ、同様の効果を有することが分かった。

#### 【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、スペーサを利用することによって、簡易な作製方法で高品質な高分子材料の光導波路を形成することができた。このため本発明による高分子材料の光導波路は量産性が要求される光導波路型部品への適用に有利に対応することができた。したがって、本発明は、一般光学や微小光学分野で、また、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等に適用できた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】クラッド層を有する基板の断面図である。

【図2】材料塗布層を有する基板にマスクをかぶせて光照射した状態の断面図である。

【図3】マスクの平面図である。

【図4】スペーサを形成した状態の基板の断面図である。

【図5】マスクの平面図である。

【図6】マスクを通して光を照射した状態の基板の断面図である。

【図7】リッジパターンを形成した状態の基板の断面図である。

【図8】本発明により形成した光導波路の断面図である。

【図9】クラッド層を有する基板の断面図である。

【図10】金型の断面図である。

【図11】金型に基板をかぶせた状態の基板の断面図である。

【図12】金型側から光を照射した状態の基板と金型の断面図である。

【図13】スペーサ中に材料を注入した状態の基板の断面図である。

【図14】マスクの平面図である。

【図15】スペーサの上にマスクをかぶせて光を照射した状態の基板の断面図である。

【図16】リッジパターンを形成した状態の基板の断面図である。

【図17】本発明により形成した光導波路の断面図である。

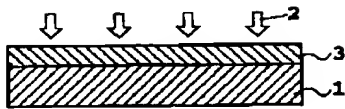
#### 【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 紫外線(UV光)
- 3 下部クラッド層
- 4 材料(A)を塗布した層
- 5 マスク
- 6 スペーサ
- 7 マスク
- 8 紫外線(UV光)
- 9 リッジパターン
- 10 マルチモードチャンネル導波路
- 11 上部クラッド層
- 12 コア部
- 13 材料(C)を注入した部分
- 14 シリコン基板
- 15 紫外線(UV光)
- 16 下部クラッド層
- 17 アクリル樹脂で作製した金型
- 18 金型の溝
- 19 紫外線(UV光)
- 20 スペーサ

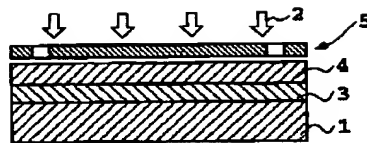
- 21 材料(D)を注入した部分  
22 マスク  
23 紫外線(UV光)  
24 リッジパターン

- 25 マルチモードチャネル導波路  
26 上部クラッド層  
27 コア部

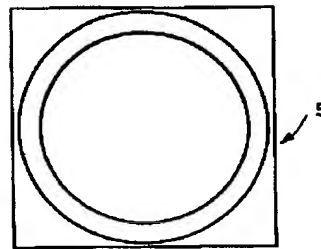
【図1】



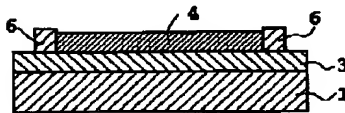
【図2】



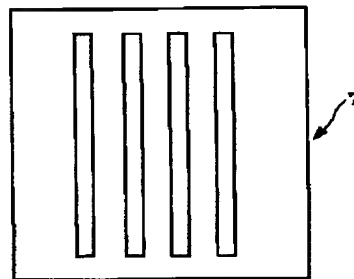
【図3】



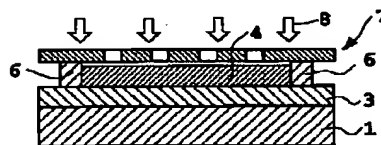
【図4】



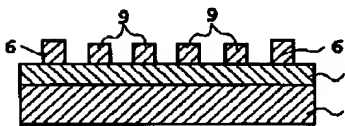
【図5】



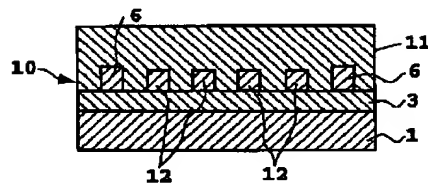
【図6】



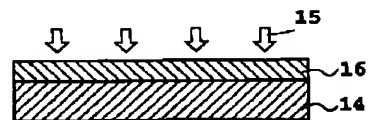
【図7】



【図8】



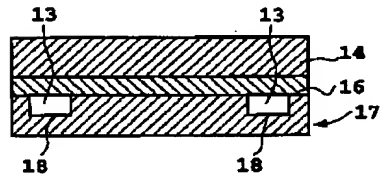
【図9】



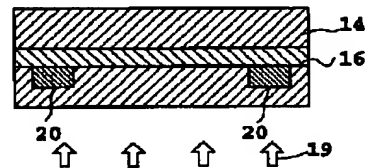
【図10】



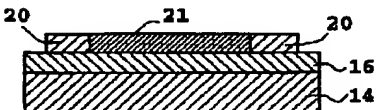
【図11】



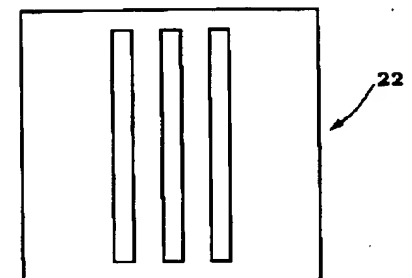
【図12】



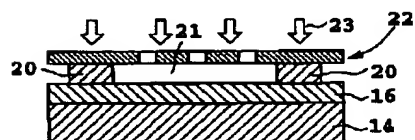
【図13】



【図14】

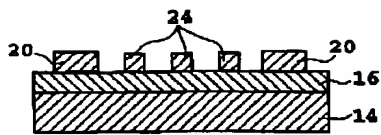


【図15】

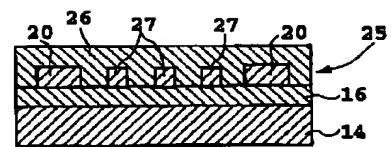




【図16】



【図17】



---

フロントページの続き

(72)発明者 助川 健  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical-waveguide formation method of polymeric materials characterized by providing the following. The process which forms the lower clad layer of polymeric materials on a substrate. The process which forms the spacer of the configuration closed on the periphery of the field which forms the core section on this lower clad layer. The process which holds a liquefied photoresist with the refractive index higher than this lower clad layer after optical hardening to the inner circumference side of this spacer. The process which puts a mask, and irradiates light, or irradiates direct light, and forms the pattern latent image of the core section in the photoresist of the shape of this liquid, the process which forms the core section by removing the non-irradiated section with a solvent, and the process at which the refractive index after optical hardening forms a low up clad layer rather than the refractive index of this core section on this core section.

[Claim 2] The optical-waveguide formation method of the polymeric materials according to claim 1 characterized by irradiating direct light through the mask for spacers, carrying out optical hardening of the pattern latent image of a spacer, and considering as a spacer in the process which forms a spacer according to claim 1 after applying the same liquefied photoresist as the core section on the aforementioned lower clad layer.

[Claim 3] It is the metal mold which consists of the quality of the material which does not absorb ultraviolet rays completely in the process which forms a spacer according to claim 1. A liquefied photoresist is poured into this slot of the metal mold which has the slot of the pattern configuration of a spacer. the aforementioned lower clad layer -- the bottom -- carrying out -- this -- a metal mold top -- piling up -- this -- metal mold -- the optical-waveguide formation method of the polymeric materials according to claim 1 characterized by removing metal mold and forming a spacer after carrying out optical hardening of the liquefied photoresist and forming the pattern latent image of a spacer by carrying out optical irradiation from a side

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] about the optical-waveguide formation method of having used polymeric materials, this inventions are general optics and a microoptics field, and can be used for various optical waveguides, optical integrateds circuit, or optical patchboards etc. which are used in the field of optical communication or optical information processing again

[0002]

[Description of the Prior Art] The thin film formation by the spin coat method, the dipping method, etc. is easy for polymeric materials, and it is suitable for producing an optical waveguide with a large area. Moreover, since the heat treatment process in an elevated temperature is not included on the occasion of film formation according to this method, compared with inorganic glass material, such as a quartz, polymeric materials have the advantage that heat treatments in an elevated temperature, such as a semiconductor substrate and a plastic plate, can produce an optical waveguide even on a difficult substrate. Furthermore, production of the flexible optical waveguide which harnessed the flexibility and the toughness of polymeric materials is also possible. from such a thing, optical-waveguide parts, such as an optical integrated circuit used in the field of optical communication and an optical patchboard used in the field of optical information processing, are manufactured in large quantities and cheaply using the polymeric materials for optics -- things are expected

[0003] Although the polymeric materials for optics have a problem in respect of resistance to environment, such as thermal resistance and moisture resistance, the material which improved thermal resistance, such as material which does not contain aromatic machines, such as the benzene ring, or inorganic-polymer material, is reported to JP, 3-43423, A in recent years. There are the above advantages in polymeric materials and troubles, such as thermal resistance and moisture resistance, are also being improved. As the production method of an optical waveguide using polymeric materials the photograph locking which makes a refractive-index difference with a non-irradiated portion by including a monomer in a macromolecule, carrying out optical irradiation partially, and making it react with a monomer, or the selection photopolymerizing method (Kurokawa et al. --) "Applied optics" 17-volume 646 pages, 1978, the method (Imamura et al. --) of using lithography, etching, etc. for semiconductor processing The method (training WERA et al., "SPIE" 1177-volume 379 pages, 1989) using the photosensitive macromolecule or the resist etc. will be mentioned in "electronics letter" 27-volume 1342 pages, and 1991. The method using the photosensitive macromolecule or the resist has very high simplicity, and is excellent also in mass-production nature.

[0004] However, since solid polymeric materials were conventionally used at the room temperature as a photosensitive material, when it was made the thick film, dispersion in the outside of purple or a visible region increased, and the light-transmission property deteriorated, and the reliability of the pattern especially in a thick film was low, and it had had a bad influence also on loss of the optical waveguide produced since the resolution at the time of hardening became bad. Moreover, since reduction of absorption loss of material etc. was not considered about transparency, it had the fault that waveguide loss was also high. For this reason, the optical parts produced using such a photosensitive material were inadequate from the field of practicality.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] How to patternize at a room temperature, using solid not polymeric materials but liquefied photoresist as a means to solve this was able to be considered. However, since this material had a fluidity, after applying a resin, application thickness was not able to change and it was not able to produce an optical waveguide with the sufficient controllability with sufficient repeatability.

[0006] It is in producing the optical waveguide using a liquefied photoresist which this invention was made in view of such the present condition, and pattern formation could do the purpose simply and was excellent also in processability, and it is simple and is in offering the optical-waveguide formation method of polymeric materials excellent in mass-production nature.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The process at which invention of the claim 1 of this invention forms the lower clad layer of polymeric materials on a substrate, The process which forms the spacer of the configuration closed on the periphery of the field which forms the core section on a lower clad layer, The process which holds a liquefied photoresist with the refractive index higher than a lower clad layer after optical hardening to the inner circumference side of a spacer, The process which puts a mask, and irradiates light, or irradiates direct light, and forms the pattern latent image of the core section in a liquefied photoresist, It is characterized by including the process which forms the core section, and the process at which the refractive index after optical hardening forms a low up clad layer rather than the refractive index of the core section on the core section by removing the non-irradiated section with a solvent.

[0008] Here, after the process which forms a spacer applies the same liquefied photoresist as the core section on a lower clad layer, it irradiates direct light through the mask for spacers, carries out optical hardening of the pattern latent image of a spacer, and is good also as a spacer.

[0009] Moreover, the process which forms a spacer is metal mold which consists of the quality of the material which does not absorb ultraviolet rays completely. A liquefied photoresist is poured into the slot of the metal mold which has the slot of the pattern configuration of a spacer. a lower clad layer -- the bottom -- carrying out -- a metal mold top -- piling up -- metal mold -- metal mold may be removed and a spacer may be formed, after carrying out optical hardening of the liquefied photoresist and forming the pattern latent image of a spacer by carrying out optical irradiation from a side

[0010] That is, since a spacer required to patternize a liquefied photoresist with sufficient repeatability and controllability was easily producible with a sufficient precision according to this invention, it became possible to form a waveguide ridge pattern with a sufficient precision. Moreover, in ridge pattern formation, when solid polymeric materials were used at the conventional room temperature, although thick-film formation and waveguide processing were very difficult, waveguide processing by the thick film was attained easily.

[0011]

[Embodiments of the Invention] Below, the content of this invention is explained in detail.

[0012] The process which produces an optical waveguide according to this invention is as follows. The charge of a clad plate which consists of polymeric materials first is applied on a substrate, and a lower clad layer is formed. Next, on the clad layer, the spacer which has arbitrary height or arbitrary configurations is formed. Then, the pattern portion hardened when the solvent removed the non-irradiated section, after forming the latent image patternized by irradiating light by the photoresist with which a liquefied photopolymerization initiator to which the refractive index after optical hardening which exists in a spacer through a predetermined mask becomes higher than the refractive index of a clad layer was blended is left behind on clad. This pattern portion turns into a core portion along which light passes. Finally the clad layer which consists of polymeric materials is put on this core portion, and the optical waveguide of polymeric materials is produced. In addition, you may irradiate direct light without letting a mask pass, when irradiating light at a photoresist. As a liquefied photoresist used for this invention, epoxy system oligomer, silicone system oligomer, an acrylic oligomer material, etc. are mentioned. As a sensitization agent, a diphenyl triketone benzoin, a benzoin methyl ether, Peroxides, such as carbonyl compounds, such as a benzophenone, an acetophenone, and a diacetyl, and a benzoyl peroxide, Azide compounds, such as azo compounds, such as an azobisisobutyronitril, and an azide pyrene, A 4 and 4'-diazido benzalacetone, 2, 6-G (4'-azide benzal) cyclohexanone, It is mentioned as screw azide compounds, such as a 2 and 6-G (4'-azide benzal)-4-methylcyclohexanone, a diazo compound, and what has still more typical sulfonium salt and male minium salt.

[0013] In this invention, it is desirable to use the material which consists of a photoresist of the shape of above-mentioned liquid as the charge of a clad plate for clad layers, the material for spacers, and a material for cores.

[0014]

[Example] Although an example explains this invention concretely, this invention is not limited to these examples.

[0015] The formation process of the optical waveguide which expresses one mode of this invention to example 1 drawing 1 - drawing 8 is shown.

[0016] It is the liquefied photoresist epoxy resin which makes a principal component the structure expression (1) shown below, and the material (A) prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.54 on the wavelength of 0.85 micrometers, including a photopolymerization initiator 2% of the weight, and the charge of clad layer material prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.52 on the wavelength of 0.85 micrometers were prepared. In addition, other additives etc. may be suitably added to material (A) and the charge of clad layer material if needed.

[0017]

[Formula 1]



[0018] Next, as shown in drawing 1, after applying the charge of clad layer material with the spin coat on the silicon substrate 1, ultraviolet rays (UV light) 2 were irradiated and the clad layer 3 of 20 micrometers of thickness was formed in the whole surface. The refractive index was 1.52 on the wavelength of 0.85 micrometers. As shown in drawing 2, the layer 4 which applied the prepared material (A) on the clad layer was formed, the interval of a mask 5 and the layer 4 which applied material (A) was opened about 1mm, and optical irradiation was carried out through the mask 5. The pattern of the mask used here was shown in drawing 3. Of this operation, as shown in drawing 4, the spacer 6 was formed on the periphery of a substrate. Under the present circumstances, the non-irradiated photoresist section was left behind to the spacer 6 interior, the height of the formed spacer 6 is almost as uniform as 40 micrometers, and it was [ the thickness was 38 micrometers depending on the height of a spacer, and ] uniform over the whole substrate surface.

[0019] Then, after irradiating ultraviolet rays (UV light) 8 through the mask 7 of a waveguide pattern as shown in drawing 5 at the non-irradiated photoresist section 4, negatives were developed with the jig lime solution ( drawing 6 ). however, the exposure at this time -- 2000 mJ/cm<sup>2</sup> it was . According to the pattern of a mask 7, the photoresist only with the liquefied portion which carried out optical irradiation hardened, and the ridge pattern 9 of a configuration as shown in drawing 7 was formed. The refractive index after hardening was 1.54 on the wavelength of 0.85 micrometers.

[0020] As shown in drawing 8, this ridge pattern 9 was made to apply and harden the charge of clad layer material, the up clad layer was formed, and the multimode channel waveguide 10 was produced. The multimode channel waveguide 10 which has the core section 12 of the refractive index 1.54 formed in the lower clad layer 3 of a refractive index 1.52, the up clad layer 11, and the ridge pattern configuration of this operation was produced (a depth of 38 micrometers, width of face of 40 micrometers).

[0021] When the obtained multimode channel waveguide was started in length of 5cm with the dicing saw and the insertion loss was measured, it was an insertion loss 3.0dB or less on 1.5dB or less and the wavelength of 1.55 micrometers in 1dB or less and 1.3 micrometers with the wavelength of 0.85 micrometers. Moreover, the wavelength of 1.3 micrometers or the wavelength of 1.55 micrometers of the polarization dependency of an insertion loss was 0.1dB or less. Furthermore, loss of this multimode channel waveguide was not changed one month or more under 75 degrees C / 90% condition of RH.

[0022] It is the liquefied photoresist epoxy resin which makes a principal component the structure expression (1) shown in the example 2 above, and the material (B) prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.504 on the wavelength of 1.30 micrometers, including a photopolymerization initiator 2% of the weight, and the charge of clad layer material prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.50 on the wavelength of 1.30 micrometers were prepared. In addition, other additives etc. may be suitably added to material (B) and the charge of clad layer material if needed.

[0023] Next, like the example 1, on the silicon substrate, the charge of clad layer material was applied and the lower clad layer with a thickness of 20 micrometers was formed. On the lower clad layer, material (B) was used and the spacer was formed by the same method as an example 1 at the periphery section on a substrate. A non-irradiated material (B) was left behind to the inner circumference section of a spacer, and the height was 8 micrometers depending on the height of a spacer, and was uniform over the whole substrate surface. After having irradiated ultraviolet rays (UV light) through the mask of a waveguide pattern, developing negatives with the jig lime solution like the example 1 and forming the ridge pattern of 8-micrometer width of face, the overcoat of this ridge pattern was carried out using the photoresist epoxy resin used for forming a lower clad layer, and the multimode channel waveguide was produced. Thereby, the refractive index with a wavelength of 1.30 micrometers was able to produce the multimode channel waveguide which the clad and refractive index of 1.50 become from the core of 1.504.

[0024] When this optical waveguide was started in length of 5cm with the dicing saw and the insertion loss was measured like the example 1, it is an insertion loss 3dB or less on 1dB or less and the wavelength of 1.30 micrometers in the wavelength of 0.85 micrometers, and it turns out that this multimode channel waveguide shows single mode operation in a wavelength region with a wavelength of 1.2 micrometers or more.

[0025] The formation process of the optical waveguide which expresses the 2nd mode of this invention to example 3 drawing 9 - drawing 17 is shown.

[0026] It is the liquefied photoresist epoxy resin which makes a principal component the structure expression (1) shown above, and the material (C) prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.52 on the wavelength of 0.85 micrometers, including a photopolymerization initiator 2% of the weight, and the material (D) prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.54 on the wavelength of 0.85 micrometers

were prepared. In addition, other additives etc. may be suitably added to material (C) and material (D) if needed. [0027] Next, as shown in drawing 9, after applying the above-mentioned material (C) with the spin coat on the silicon substrate 14, ultraviolet rays (UV light) 15 were irradiated and the clad layer 16 of 20 micrometers of thickness was formed in the whole surface. The refractive index was 1.52 on the wavelength of 0.85 micrometers. The above-mentioned material (C) was poured in, the clad layer was turned down and the silicon substrate 14 was put on the slot 18 of the metal mold 17 (the flute width of 200 micrometers, a height of 40 micrometers) made of the acrylic resin of a configuration as shown in drawing 10 on metal mold (drawing 11). Next, as shown in drawing 12, optical hardening of the portion 13 into which ultraviolet rays (UV light) 19 were irradiated and a liquefied material (C) was injected was carried out, and the spacer 20 was formed. As shown in drawing 13, the silicon substrate 14 was turned down, the spacer 20 was turned up, and material (D) was injected into the portion surrounded by the spacer. The mask 22 of the pattern shown in drawing 14 was developed with the jig lime solution, after irradiating ultraviolet rays (UV light) 23 over a mask in piles on a spacer 20, as shown in drawing 15 (drawing 16). however, the exposure at this time -- 2000 mJ/cm<sup>2</sup> it was. According to the pattern of a mask 22, the photoresist only with the liquefied portion which carried out optical irradiation hardened, and the ridge pattern 24 of a configuration as shown in drawing 16 was formed. The refractive index after hardening was 1.54 on the wavelength of 0.85 micrometers. As shown in drawing 17, this ridge pattern 24 was made to apply and harden material (C), the up clad layer 26 was formed, and the multimode channel waveguide 25 was produced (drawing 17). The multimode channel waveguide (a depth of 40 micrometers, width of face of 40 micrometers) in which a refractive index with a wavelength of 0.85micro has the clad layers 16 and 26 of 1.52, and a refractive index has the core section 27 of 1.54 was produced by this operation.

[0028] When the obtained multimode channel waveguide was started in length of 5cm with the dicing saw and the insertion loss was measured, it was an insertion loss 3.0dB or less on 1.5dB or less and the wavelength of 1.55 micrometers in 1dB or less and 1.3 micrometers with the wavelength of 0.85 micrometers. Moreover, the wavelength of 1.3 micrometers or the wavelength of 1.55 micrometers of the polarization dependency of an insertion loss was 0.1dB or less. Furthermore, loss of a multimode channel waveguide was not changed one month or more under 75 degrees C / 90% condition of RH.

[0029] It is the liquefied photoresist epoxy resin which makes a principal component the structure expression (1) shown in the example 4 above, and the material (E) prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.50 on the wavelength of 1.30 micrometers, including a photopolymerization initiator 2% of the weight, and the material (F) prepared so that the refractive index after optical hardening might be set to 1.504 on the wavelength of 1.30 micrometers were prepared. In addition, other additives etc. may be suitably added to material (E) and material (F) if needed.

[0030] The multimode channel waveguide (the clad of a refractive index 1.50, core of a refractive index 1.504) was produced like the example 3.

[0031] However, the material used for the lower clad layer and the up clad layer The material (E) adjusted so that it might become a refractive index 1.50 on the wavelength of 1.3 micrometers at the time of optical hardening Moreover, the height of the formed spacer is 10 micrometers and, as for the liquefied photoresist epoxy resin poured in into the spacer, the refractive index after optical hardening used the material (F) of 1.504, using material (E) as a charge of spacer material used for formation of a spacer. The width of face of the ridge pattern which irradiated UV light over the mask and was obtained after jig lime solution development which has a waveguide pattern was 8 micrometers like the example 3. The refractive index after hardening of the core section was 1.504 on the wavelength of 1.30 micrometers.

[0032] When the obtained multimode channel waveguide was started in length of 5cm with the dicing saw like the example 3 and the insertion loss was measured, it is an insertion loss 3dB or less on 1dB or less and the wavelength of 1.30 micrometers in the wavelength of 0.85 micrometers, and it turns out that this waveguide shows single mode operation in a wavelength region with a wavelength of 1.2 micrometers or more.

[0033] In addition, it turns out that a macromolecule waveguide can be produced like the above-mentioned examples 1-4 instead of liquefied epoxy oligomer even if it uses liquefied silicone epoxy oligomer, liquefied silicone oligomer, and liquefied silicone vinyl ether oligomer, and it has the same effect.

[0034]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the optical waveguide of quality polymeric materials was able to be formed by the simple production method by using a spacer. For this reason, the optical waveguide of the polymeric materials by this invention was able to respond to application to the optical-waveguide die parts as which mass-production nature is required advantageously. therefore, this inventions are general optics and a microoptics field, and have been applied to various optical waveguides, optical integrateds circuit, or optical patchboards etc. which are used in the field of optical communication or optical information processing again

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section of the substrate which has a clad layer.

[Drawing 2] It is a cross section in the state where put the mask on the substrate which has a material application layer, and optical irradiation was carried out.

[Drawing 3] It is the plan of a mask.

[Drawing 4] It is the cross section of the substrate in the state where the spacer was formed.

[Drawing 5] It is the plan of a mask.

[Drawing 6] It is the cross section of the substrate in the state where light was irradiated through the mask.

[Drawing 7] It is the cross section of the substrate in the state where the ridge pattern was formed.

[Drawing 8] It is the cross section of the optical waveguide formed by this invention.

[Drawing 9] It is the cross section of the substrate which has a clad layer.

[Drawing 10] It is the cross section of metal mold.

[Drawing 11] It is the cross section of the substrate in the state where the substrate was put on metal mold.

[Drawing 12] metal mold -- they are a substrate in the state where light was irradiated from the side, and the cross section of metal mold

[Drawing 13] It is the cross section of the substrate in the state where material was poured in into the spacer.

[Drawing 14] It is the plan of a mask.

[Drawing 15] It is the cross section of the substrate in the state where put the mask and light was irradiated on the spacer.

[Drawing 16] It is the cross section of the substrate in the state where the ridge pattern was formed.

[Drawing 17] It is the cross section of the optical waveguide formed by this invention.

### [Description of Notations]

1 Silicon Substrate

2 Ultraviolet Rays (UV Light)

3 Lower Clad Layer

4 Layer Which Applied Material (A)

5 Mask

6 Spacer

7 Mask

8 Ultraviolet Rays (UV Light)

9 Ridge Pattern

10 Multimode Channel Waveguide

11 Up Clad Layer

12 Core Section

13 Portion Which Poured in Material (C)

14 Silicon Substrate

15 Ultraviolet Rays (UV Light)

16 Lower Clad Layer

17 Metal Mold Produced by Acrylic Resin

18 Slot on the Metal Mold

19 Ultraviolet Rays (UV Light)

20 Spacer

21 Portion Which Poured in Material (D)

22 Mask

23 Ultraviolet Rays (UV Light)



- 24 Ridge Pattern
- 25 Multimode Channel Waveguide
- 26 Up Clad Layer
- 27 Core Section

---

[Translation done.]